

УДК 624.042.5:624.014.2

В.В. Пашинський

Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

НОРМУВАННЯ Й РАЙОНУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

За результатами статистичного аналізу метеорологічних даних визначені розрахункові параметри температури атмосферного повітря, як силового впливу на несучі будівельні конструкції. Виконано територіальне районування України та розроблено порядок визначення розрахункових значень температурного впливу при проектуванні, гармонізований з формами подання в нормах інших атмосферних навантажень.

Ключові слова: температура атмосферного повітря, вплив на несучі будівельні конструкції, територіальне районування.

Постановка проблеми

Коливання температури атмосферного повітря можуть виявляти істотний вплив на напружено-деформований стан несучих будівельних конструкцій. Наприклад, зміна температури сталевого стержня із жорстко затисненими кінцями усього на 1°C змінює напруження в ньому приблизно на 2 МПа, тобто на один відсоток від розрахункового опору маловуглецевої сталі. Тому уточнення температурних впливів відіграє важливу роль у забезпеченні надійності несучих будівельних конструкцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Порядок визначення розрахункових значень температурного впливу на несучі конструкції регламентовано нормами навантажень в ДБН В.1.2-2:2006 [1], які мають певні недоліки. Зокрема, не врахована істотна територіальна мінливість деяких розрахункових параметрів температури, виявлена в роботах [2, 3, 4]. На відміну від інших кліматичних навантажень (сніг, вітер, ожеледь), не встановлені залежності граничного розрахункового значення від строку служби конструкцій та експлуатаційного розрахункового значення від частки строку служби, протягом якої воно може перевищуватися.

Результати досліджень середньодобової температури повітря узагальнені в монографії [3], де на базі імовірного подання у формі квазістаціонарного випадкового процесу отримані й районовані по території України розрахункові значення температури в холодний період року для проектування огорожувальних конструкцій будівель. Окрім того, в монографії [3] та в нашій роботі [2] наведені й проаналізовані статистичні характеристики квазістаціонарного випадкового процесу середньодобової температури повітря, які можна використати для досліджень силового впливу

температури атмосферного повітря на несучі конструкції будівель і споруд. Температурні навантаження на конструкції розглядалися в роботах [5, 6], сезонні зміни клімату та їх прогнозування вивчалися в [7, 8, 9], а вплив сонячної радіації досліджено в роботі [10].

Проаналізовані дослідження вказують на необхідність подальшого вивчення параметрів температури атмосферного повітря та удосконалення норм температурних впливів на несучі будівельні конструкції.

Мета даної роботи полягає в обчисленні розрахункових параметрів температури атмосферного повітря на території України за метеорологічними даними та в розробленні порядку їх визначення при проектуванні несучих конструкцій, гармонізованого зв способами подання в нормах інших атмосферних навантажень.

Виклад основного матеріалу

Вихідними даними є середньомісячні значення температури повітря на 485 метеорологічних станціях і постах України, наведені в [3, 11]. Після вилучення метеостанцій з малою тривалістю спостережень, а також об'єднання даних пунктів спостереження, які знаходяться в межах одного крупного міста отримана мережа з 412 пунктів спостереження, 341 з яких розміщені на рівнинній території України, 44 – у безпосередній близькості до моря та 27 – в Карпатських і Кримських горах на висоті понад 500м над рівнем моря. Разом з наведеними в роботах [2, 3] залежностями для обчислення коефіцієнтів варіації та асиметрії через математичне сподівання температури, а також значенням ефективної частоти $\omega=0,6$ 1/добу сформована в середовищі Microsoft Excel база даних дозволяє подати зміни

середньодобової температури повітря у формі квазістаціонарного випадкового процесу.

За наявними даними обчислені основні розрахункові параметри температури атмосферного повітря та проаналізовані їх можливі значення в межах території України:

- початкові температури замикання конструкцій, рівні середнім температурам холодного t_{0c} та теплого t_{0w} півріччя;
- граничні розрахункові значення температури найхолоднішої $t_{nc}(T)$ та найтеплішої доби $t_{nw}(T)$ з різними періодами повторюваності T ;
- експлуатаційні розрахункові значення температури найхолоднішої $t_{cc}(\eta)$ та найтеплішої доби $t_{ew}(\eta)$ для різних часток строку служби η , протягом яких вони можуть перевищуватися;
- квазіпостійні розрахункові значення перепадів температури Δ_p .

Середні температури теплого та холодного півріччя визначені за середньомісячними температурами повітря. Для переважної більшості пунктів спостереження найтеплішими є місяці з травня по жовтень, а найхолоднішими – з листопада по квітень.

З наведених на рисунку 1 гістограм розподілу видно, що для переважної більшості пунктів спостереження температури теплого півріччя t_{0w} коливаються в межах від $+13^\circ\text{C}$ до $+20^\circ\text{C}$ при середньому по Україні значенні $+15,8^\circ\text{C}$. Менші температури теплого півріччя спостерігаються на 22 гірських метеостанціях Карпат і Криму, без даних яких середнє значення температури теплого півріччя t_{0w} дорівнює $+16,1^\circ\text{C}$. Температури холодного півріччя t_{0c} на континентальній території України коливаються в межах від -3°C до $+4^\circ\text{C}$ при середньому значенні $-0,1^\circ\text{C}$. Вищі температури холодного півріччя характерні для пунктів спостереження Криму.

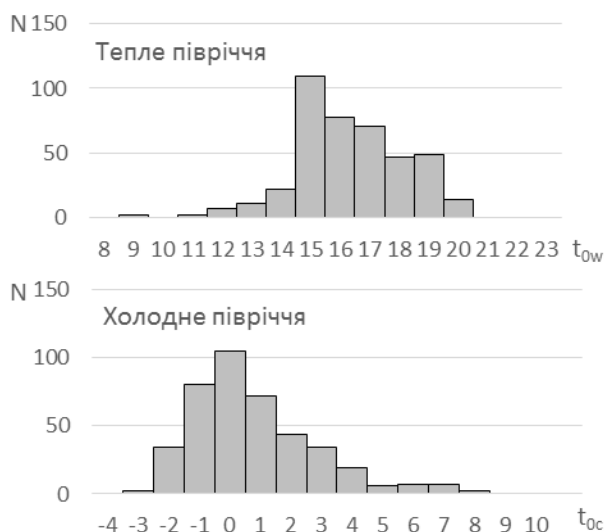


Рис. 1 Гістограми розподілу температури теплого й холодного півріччя на території України

Середні значення температури теплого й холодного півріччя близькі до значень $t_{0w}=+15^\circ\text{C}$ та $t_{0c}=0^\circ\text{C}$, встановлених в ДБН [1] для усієї території України, та мають порівняно невелику територіальну мінливість (для переважної більшості пунктів спостереження відхилення від середніх значень не перевищують $\pm 4^\circ\text{C}$). Для усієї рівнинної території України доцільно встановити температуру теплого півріччя $t_{0w}=+18^\circ\text{C}$, а холодного $t_{0c}=-2^\circ\text{C}$, що дає забезпеченість близько 0,9. Істотні відмінності гірських пунктів спостереження спонукають до введення поправок на висоту над рівнем моря.

Граничні розрахункові значення температур найхолоднішої та найтеплішої доби $t_{nw}(T)$ і $t_{nc}(T)$ обчислені для періодів повторюваності $5 \leq T \leq 200$ років. Згідно з положеннями методу граничних станів [1], характеристичними вважаються значення змінних навантажень, що відповідають періоду повторюваності $T=50$ років. З наведених на рисунку 2 гістограм розподілу видно, що на переважачій частині території України характеристичне значення температури найтеплішої доби t_{w0} змінюється в досить вузьких межах: від $+28^\circ\text{C}$ до $+34^\circ\text{C}$. Дещо меншими є температури в гірській місцевості, а найвищими – в пунктах спостереження Південного берега Криму. Температурам найхолоднішої доби t_{c0} притаманна набагато більша територіальна мінливість: від -30°C до -18°C для континентальної території України та до -11°C для Криму і деяких приморських пунктів спостереження.

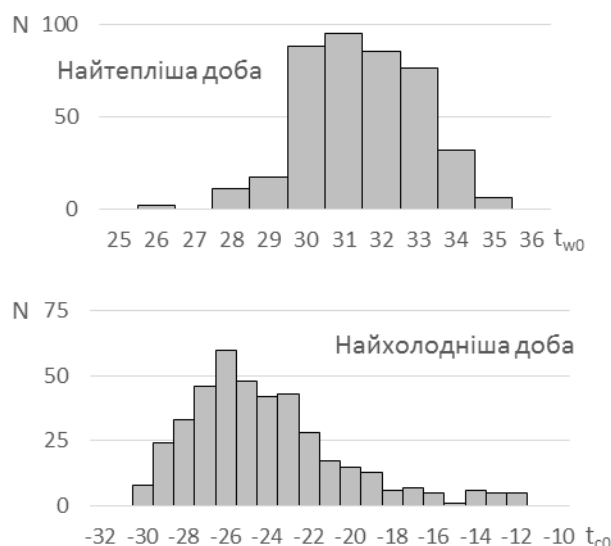


Рис. 2 Гістограми розподілу характеристичних значень температур найтеплішої та найхолоднішої доби на території України

Перехід від характеристичних до граничних розрахункових значень в методі граничних станів [1] здійснюється шляхом множення на коефіцієнт надійності за навантаженням, залежний від заданого

періоду повторюваності. За даними усіх 412 пунктів спостереження ці залежності описані виразами

$$\gamma_{fmc} = 0,677 + 0,19 \lg(T), \quad \gamma_{fmw} = 0,864 + 0,08 \lg(T), \quad (1)$$

де $\lg(T)$ – десятковий логарифм періоду повторюваності.

Експлуатаційні розрахункові значення температур найхолоднішої та найтеплішої доби $t_{ec}(\eta)$ і $t_{ew}(\eta)$ обчислені для часток терміну експлуатації, протягом яких вони можуть перевищуватися в межах від $\eta=0,001$ до $\eta=0,1$. На рисунку 3 наведені гістограми розподілу пунктів спостереження за експлуатаційними розрахунковими значень $t_{ew}(0,02)$ і $t_{ec}(0,02)$ для частки терміну експлуатації $\eta=0,02$, яка рекомендована нормами [1] для розрахунків конструкцій масового будівництва за вимогами другого граничного стану.

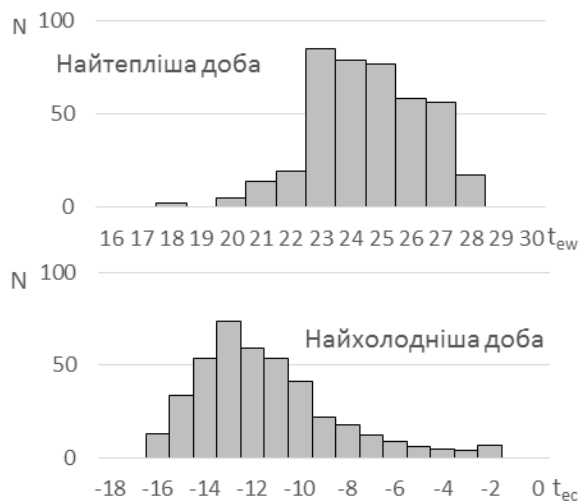


Рис. 3 Гістограми розподілу експлуатаційних розрахункових значень температур найтеплішої та найхолоднішої доби на території України для $\eta=0,02$

З наведених гістограм видно, що на переважачій частині території України експлуатаційні розрахункові значення температури найтеплішої доби змінюються в межах $+22^\circ\text{C} \leq t_{ew}(0,02) \leq +27^\circ\text{C}$. Меншими за $+22^\circ\text{C}$ є температури в гірській місцевості, а вищими за $+27^\circ\text{C}$ – на Південному березі Криму. Температури найхолоднішої доби $t_{ec}(0,02)$ в межах континентальної території України змінюються від -16°C до -8°C , а в Криму й на окремих приморських пунктах спостереження приймають значення від -8°C до -2°C .

При проектуванні конструкцій експлуатаційні розрахункові значення температури $t_{ew}(\eta)$ і $t_{ec}(\eta)$ слід визначати шляхом множення тих же самих характеристичних значень $t_{w0}=t_{nw}(50)$ і $t_{c0}=t_{mc}(50)$ на коефіцієнти надійності

$$\gamma_{fec} = -0,01 - 0,28 \lg(\eta); \quad \gamma_{few} = 0,56 - 0,12 \lg(\eta). \quad (2)$$

Квазіпостійні розрахункові значення перепадів температури повітря відображають постійну складову змінного температурного впливу. Середній протягом терміну експлуатації перепад температури дорівнює різниці між середньорічною температурою і середньою температурою теплового чи холодного півріччя, що можна виразити формулою:

$$\Delta_p = (t_{ow} - t_{oc})/2. \quad (3)$$

На території України ці значення змінюються від $5,9^\circ\text{C}$ до $9,6^\circ\text{C}$, що дозволяє в запас надійності прийняти загальне значення $\Delta_p=10^\circ\text{C}$, яке узгоджується з рекомендованими вище температурами теплового й холодного півріччя для території України.

Вплив висоти над рівнем моря проаналізовано за даними регіонів України, на території яких є високогірні пункти спостереження: Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська та Чернівецька області, АР Крим. З ростом висоти над рівнем моря температури холодного та теплового півріччя, найхолоднішої та найтеплішої доби знижується приблизно на 6°C на один кілометр висоти, що відповідає відомій метеорологічній залежності.

Територіальне районування досліджених розрахункових параметрів виконане за даними рівнинних пунктів спостереження з урахуванням взаємного зв'язку між ними. Зокрема, середні температури теплового й холодного півріччя t_{ow} і t_{oc} можна досить точно виразити через характеристичні значення температур найтеплішої і найхолоднішої доби t_{w0} і t_{c0} :

$$t_{ow} = 1,3 t_{w0} - 24; \quad t_{oc} = 13,8 + 0,56 t_{c0}. \quad (4)$$

Карти територіального районування України за характеристичними значеннями температури найхолоднішої та найтеплішої доби розроблені з використанням методики і програми, описаної в [12]. Карти з рисунків 4 і 5 мають досить плавні й систематично розміщені межі територіальних районів, є досить детальними і відображають характер територіальної мінливості температури атмосферного повітря.



Рис. 4 Територіальне районування України за характеристичним значенням температури найхолоднішої доби t_{c0}



Рис. 5 Територіальне районування України за характеристичним значенням температури найтеплішої доби t_{w0}

Отримані результати дозволили встановити порядок визначення розрахункових параметрів температури атмосферного повітря при проектуванні несучихбудівельнихконструкцій, описаний в таблиці 1.

Таблиця 1. Порядок визначення розрахункових значень температури атмосферного повітря

Параметри	Способи визначення
Характеристичне значення температури найхолоднішої t_{c0} і найтеплішої доби t_{w0}	За картами 4 і 5
Граничне розрахункове значення температури найхолоднішої $t_{mc}(T)$ і найтеплішої доби $t_{mw}(T)$ з періодом повторюваності T	$t_{mc}(T) = \gamma_{fmc} t_{c0}$ $t_{mw}(T) = \gamma_{fmw} t_{w0}$ γ_{fmc} і $\gamma_{fmw} - \text{за (1)}$
Початкова температура замикання конструкцій в теплий t_{0w} та в холодний t_{0c} період року	За (4) або: $t_{0w} = +18^{\circ}\text{C}$; $t_{0c} = -2^{\circ}\text{C}$
Граничне розрахункове значення додатного $\Delta_{mw}(T)$ (при зимовому замиканні) та від'ємного $\Delta_{mc}(T)$ (при літньому замиканні) перепаду температури з періодом повторюваності T	$\Delta_{mw}(T) = t_{mw}(T) - t_{0c}$ $\Delta_{mc}(T) = t_{mc}(T) - t_{0w}$
Експлуатаційне розрахункове значення температури найхолоднішої $t_{ec}(\eta)$ та найтеплішої доби $t_{ew}(\eta)$ для частки строку служби η	$t_{ec}(\eta) = \gamma_{fec} t_{c0}$ $t_{ew}(T) = \gamma_{few} t_{w0}$ γ_{fec} і $\gamma_{few} - \text{за (2)}$
Експлуатаційне розрахункове значення додатного $\Delta_{ew}(\eta)$ (при зимовому замиканні конструкцій) та від'ємного перепаду температури $\Delta_{ec}(\eta)$ (при літньому замиканні конструкцій) для частки строку служби η	$\Delta_{ew}(T) = t_{ew}(T) - t_{0c}$ $\Delta_{ec}(T) = t_{ec}(T) - t_{0w}$
Квазіпостійне розрахункове значення перепаду температури Δ_p	$\Delta_p = \pm 10^{\circ}\text{C}$

Розроблена форма подання температурного впливу гармонізована з поданням інших кліматичних навантажень в ДБН [1] і забезпечує можливість досить точного визначення розрахункових параметрів температури атмосферного повітря для проектування несучих будівельних конструкцій на території України.

Висновки за результатами дослідження

1. За даними 412 пунктів спостереження визначені основні розрахункові параметри температури атмосферного повітря та проаналізовані їх можливі значення в межах території України.

2. Відповідно до загальних принципів методу граничних станів, встановлені характеристичні значення параметрів температури повітря (за середнім періодом повторюваності 50 років), а також коефіцієнти надійності, які враховують заданий період повторюваності граничних розрахункових значень та частку терміну експлуатації, протягом можуть перевищуватися експлуатаційні розрахункові значення температурного впливу.

3. За результатами досліджень запропоновано порядок визначення розрахункових параметрів температури атмосферного повітря для проектування несучих будівельних конструкцій на території України, гармонізований з формою подання інших кліматичних навантажень в ДБН В.1.2-2:2006.

Література

- ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2007. – 60 с.
- Карюк А.М. Статистичні характеристики середньодобової температури повітря на території України / А.М. Карюк, В.В. Пащинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішнєрекламсервіс, 2012 – Випуск № 47, частина 2. – С. 157-163.
- Пащинський В.А. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель. / В.А. Пащинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк // – Одеса : ОДАБА, 2012. – 180 с.
- Пушкар Н.В. Нормативні методики визначення температурних впливів на несучі будівельні конструкції / Н.В. Пушкар, В.В. Пащинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 49. Частина 1. Одеса: ОДАБА, 2013. - С. 275-281.
- Hirst, M. J. S. 1984. "Temperature Effects." Short Course on Prestressed Slab Systems-Chapter 11, Concrete Institute of Australia and N.S.W.I.T.
- Saetta, A., Scotta, R., and Vitaliani, R. (1995). "Stress Analysis of Concrete Structures Subjected to Variable Thermal Loads." J. Struct. Eng., 121(3), 446–457.
- Wang, S. and Xu, X. 2006. Simplified Building Model for Transient Thermal Performance Estimation Using GA-based Parameter Identification. International Journal of Thermal Sciences. 45 (2006): 419–432.

8. Alejandro Di Luca, Ramón de Elía, René Laprise. (2015) *Challenges in the Quest for Added Value of Regional Climate Dynamical Downscaling. Current Climate Change Reports* 1, 10-21.
9. Sami Khedhiri. (2015) *Forecasting Temperature Records in PEI, Canada. Letters in Spatial and Resource Sciences.*
10. Collares-Pereira, M. and A. Rabl. 1979. "The Average Distribution of Solar Radiation-Correlation between Diffuse and Hemispherical and between Daily and Hourly Insolation Values." *Solar Energy*, Vol. 22, 155-164.
11. Кінаш Р.І. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні / Р.І. Кінаш, О.М. Бурнаєв. – Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 2001р. – 800 с.
12. Паши́нський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції на території України / В.А. Паши́нський. – К.: УкрНДІпроектстальконструкції, 1999. – 185 с.

References

1. DBN B.1.22:2006. System of ensuring reliability and safety construction objects. Loads and impacts. Designing standards. Kyiv: Ministry of Regional Civil Engineering of Ukraine, 2006. 60 p.
2. Karyuk A.N., Pashinsky V.V. (2012) Statistical characteristics of the average air temperature in Ukraine. *Journal of Odessa State Academy of Construction and Architecture. Odessa, Ukraine*, 47, 157-162.
3. Karyuk A.N., Pashinsky V.A., Pushkar N.V. (2012) *Temperature effects on the building envelope. Odessa, Ukraine*, 180.
4. Pashinsky V.V., Pushkar N.V. (2013) Normative methods for determining thermal effects on bearing constructions. *Journal of Odessa State Academy of Construction and Architecture. Odessa, Ukraine*, 49, 275-281.

5. Hirst, M. J. S. 1984. "Temperature Effects." *Short Course on Prestressed Slab Systems-Chapter 11, Concrete Institute of Australia and N.S.W.I.T.*
6. Saetta, A., Scotta, R., and Vitaliani, R. (1995). "Stress Analysis of Concrete Structures Subjected to Variable Thermal Loads." *J. Struct. Eng.*, 121(3), 446-457.
7. Wang, S. and Xu, X. 2006. Simplified Building Model for Transient Thermal Performance Estimation Using GA-based Parameter Identification. *International Journal of Thermal Sciences*. 45 (2006): 419-432.
8. Alejandro Di Luca, Ramón de Elía, René Laprise. (2015) *Challenges in the Quest for Added Value of Regional Climate Dynamical Downscaling. Current Climate Change Reports* 1, 10-21.
9. Sami Khedhiri. (2015) *Forecasting Temperature Records in PEI, Canada. Letters in Spatial and Resource Sciences.*
10. Collares-Pereira, M. and A. Rabl. 1979. "The Average Distribution of Solar Radiation-Correlation between Diffuse and Hemispherical and between Daily and Hourly Insolation Values." *Solar Energy*, Vol. 22, 155-164.
11. Burnayev O.M., Kinash R.I. (2001) *The temperature regime of air and soil in Ukraine. Publishing House of scientific and technical literature, Lviv, Ukraine*, 800.
12. Pashinsky V.A. (1999) *The atmospheric load on constructions in Ukraine. UkrNDIproektstalkingonstruktziya, Kyiv, Ukraine*, 185.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Є.В. Клименко
Одеська державна академія будівництва та архітектури.

Автор: ПАШИНСЬКИЙ Віктор Вікторович
Одеська державна академія будівництва та архітектури.
E-mail – sollarpol@gmail.com

НОРМУВАННЯ Й РАЙОНУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

В.В. Паши́нський

По результатам статистического анализа метеорологических данных определены расчетные параметры температуры атмосферного воздуха, как силового воздействия на несущие строительные конструкции. Выполнено территориальное районирование Украины и разработан порядок определения расчетных значений температурного воздействия при проектировании, гармонизированный с формами представления в нормах других атмосферных нагрузок.

Ключевые слова: температура атмосферного воздуха, влияние на несущие строительные конструкции, территориальное районирование.

REGULATION AND ZONING OF THE DESIGN PARAMETERS OF AIR TEMPERATURE ON THE TERRITORY OF UKRAINE

V.V. Pashinsky

According to the results of statistical analysis of meteorological data the design parameters of the temperature of air that is needed to account for the effect of temperature on the force bearing structures of buildings are calculated.

Interdependency of these data are defined. Performed territorial zoning of Ukraine for the characteristic values of the temperature of the coldest and the warmest days.

Analytical dependences of safety factors for the boundary conditions from the average return period are obtained. A method for determining the estimated value of the temperature influence in the design of bearing constructions is developed. This method corresponds to the method of calculation of other atmospheric loads takes into account the variability of the design parameters on the territory of Ukraine. The described procedure can be included in the state building codes of Ukraine.

Keywords: air temperature, impact on bearing constructions, territorial zoning.